การสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว ด้วยกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

Synthesis of lubricating oil from cattle fat using transesterification process

วีราภรณ์ ผิวสอาด[1] วรวุฒิ สาตะสาร[1] สุริยา ศรีระอุดม[1] สมหมาย ผิวสอาด[1] และ สิงห์โต สกุลเขมฤทัย[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-4607 โทรสาร 0-2549-4600 E-mail: weraporn@rmutt.ac.th

[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-3497 โทรสาร 0-2549-3432 E-mail: singto_rmutt@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยพลังงานทางเลือกใหม่ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพื่อลดการพึ่งพาผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมเพิ่มมากขึ้น น้ำมันหล่อลื่นจัดเป็นพลังงานทางเลือกที่มีการศึกษาความเป็นไปได้ในหลายประเทศรวมทั้งในประเทศไทย ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นคุณภาพสูง โดยกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันไบโอดีเซลจากไขมันวัว (FCME) กับสารโมโนเพนตะอีรีไทรทอล (MPE) โดยศึกษาผลของอุณหภูมิ ความดันสุญญากาศ และอัตราส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้น (FCME:MPE) และสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ จากผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิและความดันสุญญากาศมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่อัตราส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้นมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้สภาวะในการสังเคราะห์แสดงดังต่อไปนี้: เวลา 4 ชั่วโมง อุณหภูมิ 100-130 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 30 in.Hg อัตราส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้น (FCME:MPE) 1:1- 4:1 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมเมทอกไซด์ 0.9% โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบสมบัติความหนืดและจุดวาบไฟจะพบว่าอัตราส่วนที่ 3:1 มีความหนืดและจุดวาบไฟมากที่สุดเท่ากับ 13.70 cts และ 205 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนจุดไหลเทที่มีค่าต่ำที่สุดคืออัตราส่วน 4:1 ซึ่งมีจุดไหลเท 7.9 องศาเซลเซียส เมื่อนำสมบัติทางกายภาพไปเปรียบเทียบกับน้ำมันยี่ห้อคาสตรอลจะพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับน้ำมันไฮดรอลิกได้

คำสำคัญ: น้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน, โมโนเพน ตะอีรีไทรทอล, เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันไขมันวัว

Abstract

A number of current studies on alternative energies has been focus on the utilization of the agricultural products to reduce the reliance on petroleum products. Environmentally friendly products such as fuels and lubricants are among the candidates which has been studied in several countries including Thailand. In this research, the synthesis of a high-grade lubricant was carried out using a transesterification reaction of methyl ester from cow fat (FCME) and monopentaerythritol (MPE). The effects of temperatures, vacuum pressures and molar ratio of reactants (FCME:MPE) and physical properties of the products were studied. From the results, it was found that the temperature and vacuum pressure made a significant impact on the reaction, while the molar ratio of POME:TMP had a little influence on the conversion of starting materials. The optimum synthesis conditions were achieved with temperature of 100-130°C, vacuum pressure of 30 mmHg, for 4 h, molar ratio of FCME:MPE of 1:1-4:1 with 0.9% w/w of sodium methoxide catalyst. The viscosity and flash point of sample FCME:MPE of 3:1 were 13.70 cts and 205 ^{o}C. The pour point of sample FCME:MPE of 4:1 is 7.9 ^{o}C. The physical properties of synthesized oil were comparable to the commercial Castrol brand which confirmed the possibility to apply as hydraulic oil.

Keywords: Synthetic lubricant, transesterification, monopentaerythritol, cow fat oil, methyl ester

1. คำนำ

น้ำมันหล่อลื่นนับว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์โดยน้ำมันหล่อลื่นทำหน้าที่หล่อลื่นบริเวณผิวของชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์ เพื่อลดการสึกกร่อนที่เกิดจากแรงเสียดทาน โดยทั่วไปน้ำมันหล่อลื่นในทางอุตสาหกรรมเป็นน้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากปิโตรเลียมซึ่งมีกระบวนการผลิต การใช้งานและกระบวนการกำจัดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น ดังนั้นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือการนำวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ เช่น น้ำมันจากพืช และน้ำมันจากสัตว์นำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นแทนน้ำมันจากปิโตรเลียม

ในปัจจุบันพบว่าหลาย ๆประเทศต่างตระหนักและเล็งเห็นความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้น้ำมันหล่อลื่นที่

ผลิตจากปิโตรเลียม อีกทั้งความต้องการใช้น้ำมันหล่อลื่นก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้น้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากวัตถุดิบจากธรรมชาติจึงได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วัตถุดิบที่ใช้มีราคาถูกและสามารถย่อยสลายได้ง่าย โดยน้ำมันที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นได้แก่ น้ำมันปาล์ม (Palm oil) น้ำมันเรพซีด (Resive oil) น้ำมันดอกทานตะวัน (Sunflower oil) น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil) น้ำมันมะกอก (Olive oil) น้ำมันมะพร้าว (Coconut oil) น้ำมันสบู่ดำ (Jatropha oil) น้ำมันจากไขมันวัว (Fat cow oil) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำมันเหล่านี้หาได้ง่ายและมีคุณสมบัติที่เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันหล่อลื่น [1-5]

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการเจริญเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในกระบวนการอุตสาหกรรมนั้น มีการใช้เครื่องจักรและเครื่องยนต์แทบทุกกระบวนการดังนั้นปริมาณความต้องการในการใช้น้ำมันหล่อลื่นก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปกติแล้วน้ำมันหล่อลื่นต้องนำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาสูงแนวทางหนึ่งในการลดการนำเข้า และลดต้นทุนของน้ำมันหล่อลื่นทำได้โดยนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศมาใช้สำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นและมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันเรพซีด น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมัน ถั่วเหลือง น้ำมันมะกอก น้ำมันมะพร้าว น้ำมันสบู่ดำ น้ำมันจากไขมันวัว เป็นต้น โดยน้ำมันปาล์มและน้ำมันจากไขมันวัวมีปริมาณการผลิตสูง และราคาถูก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้น้ำมันจากไขมันวัวเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น โดยการสังเคราะห์ผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว (Methyester Fat Cow Oil) กับโมโนเพนตะอีรีไทรทอล (Monopentaerythritol) ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์มาทำการสังเคราะห์เป็นน้ำมันหล่อลื่น

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.2.1 สารเคมี

1) น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว จากบริษัทไบโอปิโตรเลียม จำกัด

2) สารโมโนเพนตะอีรีไทรทอล เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Acros Oganics

3) โซเดียมเมทอกไซด์ (Sodium Methoxide) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka

2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ฮอตเพลท & สเตอร์เรอร์ (Hot plate & Stirrer)
2) เครื่องควบแน่น (Condenser)
3) ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)
4) ขวดรูปชมพู่ (Round bottom Flask)
5) เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
6) บีกเกอร์ (Beaker)
7) อุปกรณ์ดักความชื้น (Moisture trap device)
8) ขวดสามคอ (Three-neck bottle)
9) อ่างน้ำมันควบคุมอุณหภูมิ (Oil bath)
10) ขวดเก็บตัวอย่าง (Vials)

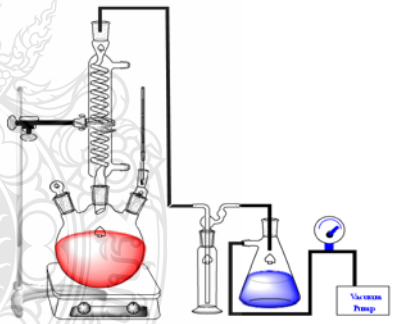
2.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1) เครื่องทดสอบความหนืด (PM Tamsom Instrumetts)
2) เครื่องทดสอบจุดวาบไฟ (Walter Herzog GmbH รุ่น HFP 380)
3) เครื่องทดสอบจุดไหลเท

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การสังเคราะห์

1) นำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว ปริมาณ 100 กรัม ใส่ลงในขวดสามคอที่มีปริมาตร 500 มิลลิลิตรซึ่งต่อกับชุดรีฟลักซ์คอนเดนเซอร์ เทอร์โมมิเตอร์และจุกแก้วโดย รีฟลักคอนเดนเซอร์จะถูกต่อเข้ากับเกจวัดความดันสุญญากาศ ชุดอุปกรณ์ดักความชื้น และปั๊มสุญญากาศ จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว ด้วยเตาให้ความร้อนแบบแม่เหล็ก จนถึงอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา หลังจากนั้นทำการเติมโมโนเพนตะอีรีไทรทอล ตามสัดส่วนที่กำหนด เมื่ออุณหภูมิของสารผสมเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิที่กำหนด ทำการเติมโซเดียมเมทอกไซด์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณ 0.9% โดยน้ำหนัก ลงในสารผสมดังกล่าวทำการลดความดันของระบบจนถึง 30 mbar และทำปฏิกิริยาจนถึง 4 ชั่วโมง ตามระยะเวลาที่กำหนด หยุดปฏิกิริยาและทำการกรองสารผสมที่สังเคราะห์ได้ภายใต้สภาวะสุญญากาศเพื่อแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออก เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่น

2.2.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1) จุดวาบไฟ (Flash point) ใช้มาตรฐาน ASTM D 93
2) จุดไหลเท (Pour point) ใช้มาตรฐาน ASTM D 97
3) ความหนืด (Viscosity) ใช้มาตรฐาน ASTM D 445

3. ผลการทดลอง

การสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว กับสารโมโนเพนตะอีรีไทรทอลโดยผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันจะพบว่ามีปัจจัยที่สำคัญ คือ เวลาในการทำปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ความดันสุญญากาศ ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาและอัตราส่วนเชิงโมลของสารประกอบเมทิลเอสเทอร์กับสารโมโนเพนตะอีรีไทรทอลแล้วทำการทดสอบสมบัติทางกายภาย ได้แก่ ความหนืด จุดวาบไฟ และจุดไหลเท โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

3.1 เวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา

ในกระบวนการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นโดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว เป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยากับสารโมโนเพนตะอีรีไทรทอล เป็นปัจจัยที่สำคัญในการในการพิจารณามาเป็นอันดับแรก เนื่องจากถ้าเวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยจนเกินไปปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่เกิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและจะเหลือสารตั้งต้นที่ไม่เกิดปฏิกิริยามีปริมาณมาก หรืออีกนัยหนึ่งถ้าเวลาในการใช้ทำปฏิกิริยามากจนเกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและอาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับซึ่งจะส่งผลกระทบให้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมีปริมาณลดลงด้วยเช่นกัน

Yunus และคณะ [6] ได้ศึกษาอุณหภูมิและความดันสุญญากาศที่มีผลต่อปริมาณของการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตได้โดยอุณหภูมิที่สูงเกิน 140 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับทำให้มีปริมาณการเกิดไตรเอสเทอร์ลดลง ดังนั้นที่ความดันสุญญากาศที่ระดับสูงๆ (20 mbar) จะส่งผลให้เกิดไตรเอสเทอร์ปริมาณมาก ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ (0.9 %โดยน้ำหนัก) ในกระบวนการสังเคราะห์จะมีผลต่อการสังเคราะห์น้อยมาก สำหรับอัตราส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้น (POME:TMP) สำหรับกระบวนการสังเคราะห์มีค่าอย่างน้อยเท่ากับ 3.8:1.0 ซึ่งพบว่าเป็นอัตราส่วนที่ปริมาณสารตั้งต้นมีปริมาณมากเกินพอที่จะใช้ในการเกิดปฏิกิริยาและได้เป็นสารประกอบไตรเอสเทอร์มีปริมาณมาก

จิตโศภิน [7] ได้ศึกษาต่อจาก Yunus และคณะ ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการหาเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาโดยใช้สภาวะดังตารางที่ 4.1 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้เครื่อง NMR ซึ่งจากผลการทดลองเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาคือ 4 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีหมู่เอสเทอร์ 3 หมู่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์และเกิดเป็นสารประกอบไตรเอสเทอร์ได้มีปริมาณค่อนข้างมากซึ่งเป็นสารประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

ตารางที่ 4.1 สภาวะที่ใช้ในการศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา

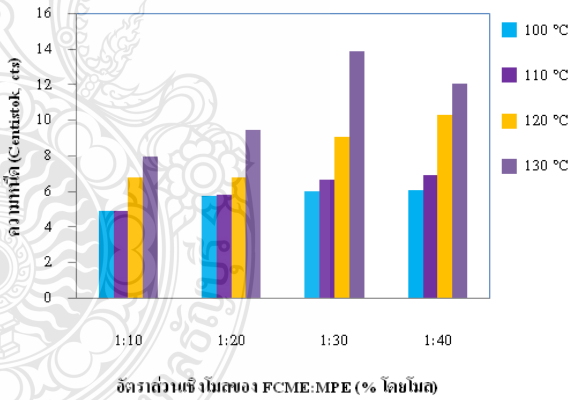
สภาวะการทดลอง	
อุณหภูมิ	130°C
ความดันสุญญากาศ	30 in.Hg
อัตราส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้น (POME:TMP)	3.9:1.0
ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา	0.9 %โดยน้ำหนัก
เวลาในการทำปฏิกิริยา	4 ชั่วโมง

3.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

3.2.1 ผลการทดสอบความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญที่สุดของน้ำมันหล่อลื่นแทบทุกชนิด โดยความหนืดเป็นสมบัติที่ใช้ในการแสดงลักษณะของการไหลของของเหลวหรืออาจหมายถึงการต้านทานการไหลของของเหลวโดยของเหลวที่มีค่าความหนืดต่ำจะไหลได้ง่ายกว่าของเหลวที่มีค่าความหนืดสูง โดยสมบัติของความหนืดจะแปรผกผันกับอุณหภูมิของสารหล่อลื่นประเภทของเหลว หากสารหล่อลื่นมีความหนืดสูงมากจนเกินไปจะส่งผลให้แรงเสียดทานภายในสารหล่อลื่นนั้นเกิดความร้อนทำให้เปลืองพลังงานในการทำงานมากอีกทั้งยังทำให้อายุการใช้งานของสารหล่อลื่นนั้นลดต่ำลง แต่ถ้าสารหล่อลื่นนี้มีความหนืดน้อยจนเกินไปก็อาจจะทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการเคลือบผิวและแยกผิวสัมผัสได้ส่งผลให้เกิดแรงเสียดทานภายในผิวสัมผัสทำให้เกิดการเสียหายได้ สำหรับผลการทดลองนี้ได้ทำการทดลองหาค่าความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D445

จากรูปที่ 2 พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากไขมันวัว ทำปฏิกิริยากับโมโนเพนตะอีรีไทรทอลโดยกรดไขมันของสารประกอบเมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวจะเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกไซด์ของโมโนเพนตะอีรีไทรทอลกลายเป็นสารประกอบโมโนเอสเทอร์ และสารประกอบโมโนเอสเทอร์จะเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกไซด์ของโมโนเพนตะอีรีไทรทอลกลายเป็นสารประกอบไดเอสเทอร์จากนั้นสารประกอบไดเอสเทอร์จะเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกไซด์ของโมโนเพนตะอีรีไทรทอลเป็นสารประกอบไตรเอสเทอร์ ซึ่งมีผลทำให้มีน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิในการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น พบว่าสารประกอบเมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวจะสามารถเปลี่ยนเป็นสารประกอบไตรเอสเทอร์ได้มากยิ่งขึ้น ยิ่งทำในสภาวะสุญญากาศต่ำ ๆ ทำให้โมเลกุลของสารประกอบเมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวสลายตัวได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงทำให้น้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ในอุณหภูมิสูง ๆ มีความหนืดเพิ่มมากขึ้น สำหรับที่อัตราส่วน 4:1 ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดลดลงซึ่งเป็นผลจากการที่ใช้ความดันสุญญากาศต่ำ



รูปที่ 2 ผลของอัตราส่วนเชิงโมลของ FCME:MPE ต่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์

และใช้อุณหภูมิสูงขณะทำการสังเคราะห์ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจึงทำให้สารประกอบไตรเอสเทอร์เปลี่ยนเป็นสารประกอบไดเอสเทอร์ และสารประกอบไดเอสเทอร์เปลี่ยนเป็นสารประกอบโมโนเอสเทอร์ สารประกอบโมโนเอสเทอร์เปลี่ยนเป็นน้ำมันเมทิลเอสเทอร์ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนืดลดลง [8-12]

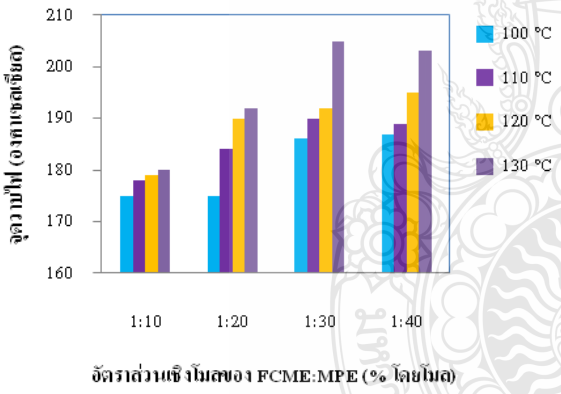
เมื่อทำการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้กับน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอล ซึ่งมีความหนืดที่ 10 cts พบว่าอัตราส่วนที่มีความหนืดที่ผ่านตามคุณสมบัติมาตรฐานของน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอลคือที่อัตราส่วน 3:1 ที่อุณหภูมิ 130°C และที่อัตราส่วน 4:1 ที่อุณหภูมิ

120, 130°C ซึ่งมีความหนืด 13.90 10.32 และ 12.08 cts ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าน้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ ผ่านมาตรฐานที่เปรียบเทียบได้

3.2.2 ผลการทดสอบจุดวาบไฟ

จุดวาบไฟเป็นสมบัติทางกายภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้บ่งชี้ถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่ระเหยได้ภายในน้ำมัน ในการนำไปใช้งานผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่น จุดวาบไฟถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์น้ำมันหล่อลื่นน้ำมันหล่อลื่นถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินความเหมาะสมในการนำไปใช้งานตามสภาวะต่างๆ การที่น้ำมันหล่อลื่นมีจุดวาบไฟสูงมีข้อดีคือมีความปลอดภัยในการใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากมีอัตราการระเหยที่ต่ำ อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นได้อีกด้วย จุดวาบไฟไม่มีผลต่อคุณภาพการใช้งานโดยตรง แต่เป็นข้อกำหนดทางกฎหมายเพื่อความปลอดภัยจากการเกิดอัคคีภัย การเก็บรักษา และการขนถ่าย จากผลการทดสอบจุดวาบไฟตามมาตรฐาน ASTM D93

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นจาก 100, 110, 120 และ 130 องศาเซลเซียส ส่งผลให้จุดวาบไฟจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สารประกอบเมทิลเอสเทอร์ถูกเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไตรเอสเทอร์ได้มากทำให้โมเลกุลจับกันได้แน่นซึ่งจะทำให้เมื่อสารประกอบไตรเอสเทอร์ได้รับความร้อนแล้วสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ยากจึงทำให้น้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ได้มีจุดวาบไฟที่สูง และที่อัตราส่วนที่ 3:1 ถึง 4:1



รูปที่ 3 ผลของอัตราส่วนเชิงโมลของ FCME:MPE ต่อจุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์

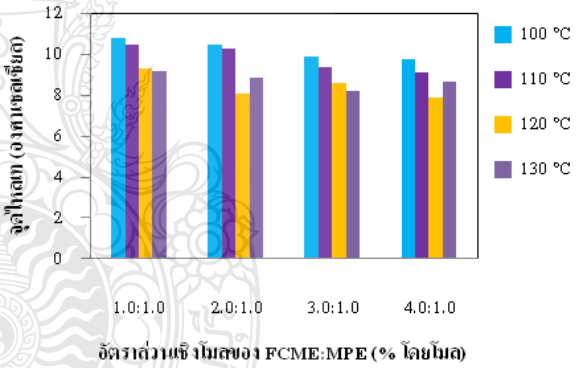
พบว่าค่าของจุดวาบไฟจะมีค่าลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับทำให้น้ำมันที่สังเคราะห์ได้มีจุดวาบไฟลดลงซึ่งเป็นผลมาจากสารประกอบไดเอสเทอร์ถูกเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบโมโนเอสเทอร์ แล้วสารประกอบโมโนเอสเทอร์ก็จะถูกเปลี่ยนจะอยู่ในรูปของสารประกอบเมทิลเอสเทอร์เป็นเหมือนดังเดิม ซึ่งเมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสารตั้งต้นเหลือมากเกินไปก็จะทำให้ค่าของจุดวาบไฟมีค่าลดลงด้วย [13-16]

จากนั้นเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำมันยี่ห้อคาสตรอลพบว่าในทุกๆอัตราส่วนมีจุดวาบไฟสูงกว่าน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันที่สังเคราะห์ได้นั้นมีคุณสมบัติทางด้านจุดวาบไฟที่ดีกว่าซึ่งหมายถึงว่าน้ำมันที่สังเคราะห์ได้นี้มีความปลอดภัยที่อุณหภูมิสูงๆ

3.2.3 ผลการทดสอบจุดไหลเท

จุดไหลเทเป็นจุดที่อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันสามารถไหลได้ภายใต้สภาวะการทดสอบเฉพาะโดยปริมาณแล้วจะเป็นจุดที่น้ำมันมีแนวโน้มที่จะหยุดไหลจากระบบ หรือภาชนะบรรจุภายใต้แรงโน้มถ่วง น้ำมันส่วนใหญ่จะมีแว็กซ์ละลายปนอยู่เมื่อน้ำมันได้รับความเย็น แว็กซ์จะเริ่มแยกตัวออกเป็นผลึกที่เชื่อมต่อกันเป็นโครงสร้างแข็งโดยที่น้ำมันจะถูกเก็บกักไว้ภายในโครงสร้างเหล่านี้ เมื่อโครงสร้างของผลึกสมบูรณ์เพียงพอน้ำมันจะไม่สามารถไหลได้อีกต่อไปภายใต้สภาวะการทดสอบ สำหรับผลการทดลองนี้ได้ทำการทดลองหาค่าจุดไหลเทตามมาตรฐาน ASTM D97

จากรูปที่ 4 พบว่าจุดไหลเทจะลดลงตามช่วงอุณหภูมิและอัตราส่วนเชิงโมลที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นโมเลกุลของสารประกอบเมทิลเอสเทอร์ จะสามารถสลายตัวได้ง่ายขึ้นและทำปฏิกิริยากับสารโมโนเพนตะอีรีไทรทอลเกิดการรวมตัวเป็นสารประกอบไตรเอสเทอร์ ได้ปริมาณมากทำให้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่เหลือจากการไม่เกิดปฏิกิริยาเพียงเล็กน้อย เป็นผลทำให้จุดไหลเทลดลง แต่ถ้าทำการเพิ่มอุณหภูมิสูงมากจนเกินไปอาจทำให้สารประกอบโมโนเอสเทอร์ ไดเอสเทอร์ และไตรเอสเทอร์ เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับทำให้ปริมาณกรดไขมันสารตั้งต้นเหลือมาก ซึ่งจะมีผลทำให้น้ำมันที่สังเคราะห์ได้นั้นมีจุดไหลเทเพิ่มขึ้น ดังอัตราส่วนที่ 4:1 ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส [7]



รูปที่ 4 ผลของอัตราส่วนเชิงโมลของ FCME:MPE ต่อจุดไหลเทของน้ำมันหล่อลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์

เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ได้กับน้ำมันหล่อลื่นที่ขายตามท้องตลาดยี่ห้อคาสตรอล ซึ่งมีจุดไหลเท -39°C พบว่าน้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ได้นั้นมีจุดไหลเทที่สูงกว่า อาจเป็นเพราะน้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ได้นั้นมีสารประกอบเมทิลเอสเทอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์มีปริมาณไขที่ละลายอยู่มาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้มีไขหลงเหลืออยู่มากอีกทั้งน้ำมันที่ได้เป็นกลุ่มเอสเทอร์ที่ได้จากกรดไขมันที่มีสายโซ่โมเลกุลยาวที่มีพันธะเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการมีพันธะเดี่ยวปริมาณมากในโมเลกุลนั้น แสดงให้เห็นว่าโมเลกุลมีความอิ่มตัวสูง และมีลักษณะโครงสร้างที่เกิดการซ้อนทับกันของโมเลกุลได้ง่ายส่งผลให้เมื่ออุณหภูมิลดลงจะทำให้โมเลกุลส่วนที่เป็นสายยาวจะเกิดการเรียงตัวซ้อนทับกันทำให้น้ำมันแข็งตัวได้ง่าย

4. สรุป

การสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวกับโมโนเพนตะอีรีไทรทอล โดยผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน เพื่อทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ อันได้แก่ อุณหภูมิและอัตราส่วนเชิงโมลของสารตั้งต้น แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นตามท้องตลาด เพื่อดูแนวโน้มว่าน้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวทำปฏิกิริยากับโมโนเพนตะอีรีไททอลแล้วมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะสามารถนำมาใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นได้มากน้อยเพียงใด

4.1 ผลจากการทดสอบสมบัติความหนืด พบว่าอัตราส่วนที่มีความหนืดมากที่สุดคือ อัตราส่วน 3:1 ที่อุณหภูมิ 130°C และเมื่อนำผลการทดสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอล พบว่ามีอัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอล มีอยู่ 3 อัตราส่วน คือที่อัตราส่วน 3:1 ที่อุณหภูมิ 130°C และที่อัตราส่วน 4:1 ที่อุณหภูมิ 130°C กับ 140°C ซึ่งมีความหนืดดังนี้ 13.90, 10.32 และ 12.08 cts ตามลำดับ

4.2 ผลจากการทดสอบสมบัติจุดวาบไฟ พบว่าทุกๆ อัตราส่วนมีจุดวาบไฟค่อนข้างสูง แสดงว่าน้ำมันที่สังเคราะห์มีความปลอดภัยสูงในการใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง ส่วนอัตราส่วนที่มีจุดวาบไฟสูงมากที่สุดคือ 205°C ที่อัตราส่วน 3:1 ที่อุณหภูมิ 130°Cและเมื่อเปรียบเทียบจุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ได้กับน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอล พบว่าในทุกอัตราส่วนมีจุดวาบไฟสูงกว่าจุดวาบไฟของน้ำมันน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอล

4.3 ผลการทดสอบจุดไหลเท พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเชิงโมลของ FCME:MPE ค่าจุดไหลเทมีแนวโน้มลดลง แต่ที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ มีผลทำให้จุดไหลเทเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน สำหรับการทดลองนี้อัตราส่วนที่มีจุดไหลเทดีที่สุด คือ ที่อัตราส่วน 4:1 อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งมีจุดไหลเท 7.9°C และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอล พบว่าน้ำมันหล่อลื่นที่สังเคราะห์ได้มีจุดไหลเทสูงกว่าน้ำมันหล่อลื่นยี่ห้อคาสตรอลในทุกอัตราส่วน

4.4 จากการสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันเมทิลเอสเทอร์จากไขมันวัวทำปฏิกิริยากับโมโนเพนตะอีรีไทรทอลสามารถบอกได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่สารตั้งต้นทั้ง 2 ชนิดนี้นำมาสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นได้ ซึ่งพบว่าคุณสมบัติทางด้านความหนืด และจุดวาบไฟผ่านมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ส่วนจุดไหลเทที่มีค่าสูงสามารถที่จะใช้สารเติมแต่งลดจุดไหลเทให้ต่ำลงได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันพื้นฐานระบบไฮดรอลิกได้

4.5 ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสามารถแบ่งเกณฑ์ตามมาตรฐานความเข้มข้นใสของน้ำมันหล่อลื่นอุตสาหกรรมตามระบบ ISO-VG บอกได้ว่าอยู่ใน ISO-VG 10

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] จิราวรรณ เดียขุนทด. 2552. พลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและน้ำมันพืช. [ออนไลน์] เข้าถึงได้ จาก : http://www.biodiesel.eng.psu.ac.th (23 พฤษภาคม 2550)

[2] คณะเกษตรกรตัวจริง. 2550. สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและน้ำมัน-พืช. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.biodiesel.eng.psu.ac.th/webboard/view.php?No=221 (23 พฤษภาคม 2550)

[3] มหาวิทยาลัยชียงใหม่. 2552. ชีวเคมีของผลิตภัณฑ์ผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว. [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก:http://coursewares.mju.ac.th/section2/pt331/05.htm(13 พฤษภาคม 2552)

[4] คณะโครงการคลังปัญญาไทย. 2550. ไบโอดีเซล. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.panyathai.or.th (23 มกราคม 2553)

[5] S. Kumar, A.K. Gupta and S. Naik S. (2003). Conversion of non-edible oil into biodiesel", *Jurnal Science and Industrial Research*, Vol. 62, pp. 124-132.

[6] Yunus. R. et al. (2007) "Batch production of Trimethylolpropane Ester from Palm oil as Lubricant Base Stock" *Journal of Oil Palm Research.* Vol. 7 Issue 15, pp. 1812-5654.

[7] จิตโศภิน นิยมสกุล (2550) "การสังเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นคุณภาพสูงจากกระบวนการ ทรานเอสเทอริฟิเคชั่นของสารประกอบเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์ม โดยใช้ไตรเมทิลออลโพรเพน".ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หน้า 10 – 48.

[8] G. Hillion. and D. Proriol. (2004) "Synthesis of a High-grade Lubricant from Sunflower Oil Methyl Esters." *Comptes Rendus Chimie.* Vol. 7 Article in Press.

[9] Uosukainen. E. et al. (1998) "Transesterification of Trimethylolpropane and rapeseed Oil Methyl Ester to Enviromentally Acceptable Esters." *Journal of the American Oil Chemists' Society.* Vol. 75, pp. 1557-1563.

[10] Yunus. R. et al. (2003) "Development of Optimum Synthesis Method for Transesterification of Pilm Oil Methyl Esters and Trimethylolproane to Enviromentally Acceptable Palm Oil-based Lubricant." *Journal of Oil Palm Research,* Vol. 15 Issue 2, pp. 35-41.

[11] Yunus. R. et al. (2003) "Preparration and Characterization of Trimethylolpropane Ester from Palm Kernel Oil Methyl Esters." *Journal of Oil Palm Research,* Vol 15 Issue 2, pp. 42-49.

[12] Yunus. R. et al. (2005) "Systhesis of Palm Based Trimethylolpropane Esters with Improved Pour Point." *American Chemical Society,* Vol. 44, pp. 8178-8183.

[13] ประเสริฐ เทียนนิมิต และปานเพชร ชินินทร (2548) “เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น”. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. หน้า 228 – 330.

[14] อำพล ซื่อตรง และสำรวย เพ็งอ้น “เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น”. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. หน้า 93-157.

[15] วิทยา ดีวุ่น (2546) “เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น”. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.หน้า 148-213.

[16] ธำรง โชตะมังสะ และสุจิตต์ (2546) สนองคุณ“เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น”. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. หน้า 220-416.

ประวัติผู้เขียนบทความ

1. ชื่อ นางวีราภรณ์ ผิวสอาด
ตำแหน่ง อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต. คลอง 6 อ.ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ 0-2549-4605 โทรสาร 0-2549-4600
อีเมล์ weraporn@rmutt.ac.th
ความชำนาญ/ความสนใจพิเศษ
พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และการไพโรไลซิส

2. ชื่อ ผศ.ดร. สมหมาย ผิวสอาด
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต. คลอง 6 อ.ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ 0-2549-3401 โทรสาร 0-2549-3409
อีเมล์ psommai@rmutt.ac.th
ความชำนาญ/ความสนใจพิเศษ
การสังเคราะห์พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
กระบวนการขึ้นรูปพลาสติก กระบวนการไพโรไลซิสขยะพลาสติก

3. ชื่อ ดร. สิงห์โต สกุลเขมฤทัย
ตำแหน่ง อาจารย์
หน่วยงาน ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ต. คลอง 6 อ.ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ 0-2549-3401 โทรสาร 0-2549-3409
อีเมล์ singto_rmutt@hotmail.com
ความชำนาญ/ความสนใจพิเศษ
การเตรียมวัสดุนาโน (Nanomaterials) การสังเคราะห์และการวิเคราะห์สารอินทรีย์ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม